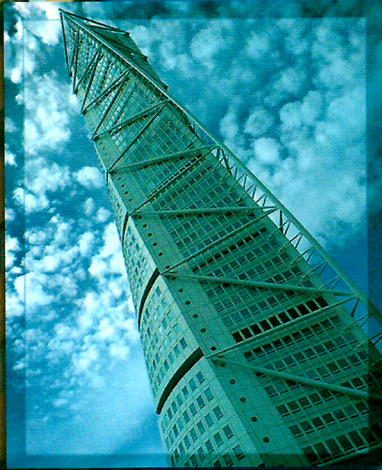


# أساسيات تكنولوجيا الخرسانة

الأستاذ الدكتور

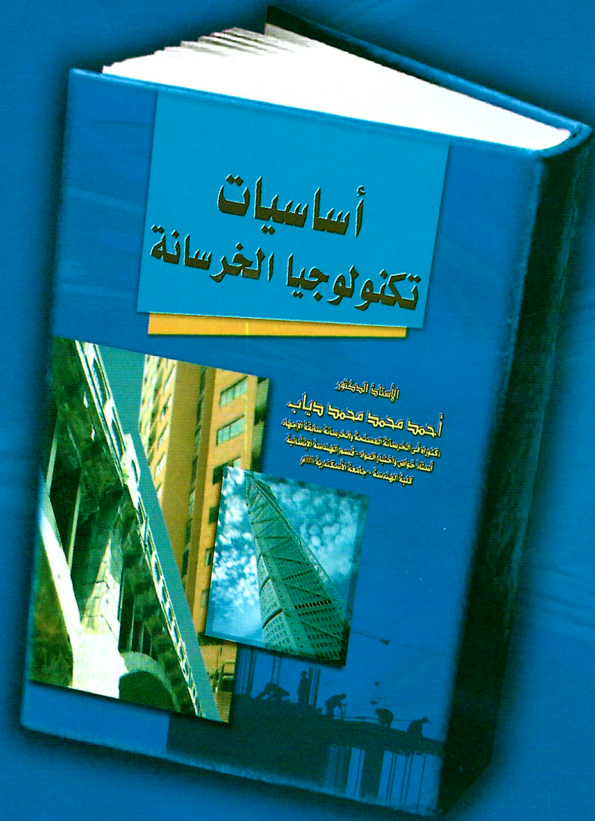
أحمد محمد دياب

دكتوراه في الخرسانة المسلحة والخرسانة سابقة الإجهاد  
أساتذة خواص واختبار المواد - قسم الهندسة الإنشائية  
كلية الهندسة - جامعة الإسكندرية



أساسيات تكنولوجيا الخرسانة

أ.د. أحمد محمد دياب



SCANED BY  
ENG.OSAMA TAREK



## الباب الرابع صناعة الخرسانة (Concrete Manufacture)

### 1-1 مقدمة:

تتكون الخرسانة من مادة لاحمة ومادة خاملة، وتتكون المادة اللاحمة من ناتج تفاعل الأسمنت والماء، وقد تكون مادة بوليمرية لتسمى الخرسانة فى هذه الحالة Polymer Concrete، أما المادة الخاملة فيمثلها الركام، ويشغل الركام الكبير والصغير حوالى  $\frac{1}{3}$  حجم الخرسانة.

ولممر الخرسانة بمراحل رئيسية خلال عمرها؛ وهى مرحلة الخرسانة الطازجة ومرحلة الخرسانة الخضراء ومرحلة الخرسانة المتصلدة، ويجب أن تحقق الخرسانة فى هذه المراحل المتطلبات المطلوبة ومقاومة ضغط معينة تناسب نوع المنشأ، ويجب أن تكون الخرسانة أيضاً مقاومة للظروف المحيطة لها مما يعرف بالتحملية، وسنذكر فيما يلى خطوات صناعة الخرسانة.

### 2-1 مرحلة الإعداد والتجهيز:

ولممر هذه المرحلة بمرحلتين أساسيتين؛ وهما تجهيز المواد واختبارها وتجهيز الفرغ والشدات الملائمة للمنشأ.

### 1-2-1 اختيار المواد واختبارها: أ- الأسمنت:

يحدد نوع الأسمنت طبقاً لنوع المنشأ وطريقة التشييد والظروف المحيطة، ويجب حفظه فى الموقع بطريقة صحيحة بعيداً عن الماء أو الرطوبة، وإذا خزن لفترة أكثر من شهر يجب إجراء الاختبارات القياسية عليه مرة أخرى قبل الاستخدام للتأكد من صلاحيته للاستخدام مرة أخرى، ويجب ألا تزيد درجة حرارته عن 45 درجة مئوية إذا لم تتخذ احتياطات خاصة عند الصب، أو 75 درجة مئوية عند اتخاذ إجراءات خاصة لخفض درجة حرارة الخرسانة، ويجب ألا يستخدم فى أعمال الخرسانة المسلحة أى أسمنت بدأت تتكون فيه حبيبات متصلدة أو مضى على تشويبه أكثر من ستة شهور.

### ب- الركام:

يحدد نوع الركام المستخدم تبعاً لعوامل عديدة؛ أهمها مكان المحاجر وبعدها عن الموقع ونوع المنشأ، ويختار الركام الكبير بحيث يكون المقاس الاعتبارى الأكبر  $1\frac{1}{2}$  أو أقل بعد للمنشأ، ولا يزيد عن  $3\frac{1}{2}$  -  $3\frac{1}{4}$  المسافة الخالصة بين حديد التسليح، والرمال المستخدمة لا بد أن تكون خشنة ومتدرجة، ويفضل عمل مظلات وخاصة فى المناطق الحارة لحفظ الركام من الأمطار والبعث الشمس المباشرة والحرارة، ويجب أن يكون الركام خالى من المواد الضعيفة والضرارة ويكون غير قابل للتفاعل مع قلويات الأسمنت.



### جـ - الماء:

يجب أن يكون الماء نظيف وخالى من المواد الغريبة العالقة والمواد الكيميائية، ويجب ألا تزيد نسب الأملاح الكيميائية مثل الكبريتات والكلوريدات عن القيم المسموح بها فى ماء الخلط الواردة فى كود الخرسانة، والمذكورة فيما يلى:

- 2.00 جرام فى اللتر من الأملاح الكلية الذائبة (T.D.S).
- 0.50 جرام فى اللتر من أملاح الكلوريدات على هيئة  $Cl^-$ .
- 0.30 جرام فى اللتر من أملاح الكبريتات على هيئة  $SO_3$ .
- 1.00 جرام فى اللتر من أملاح الكربونات والبيكربونات.
- 0.10 جرام فى اللتر من أملاح كبريتيد الصوديوم.
- 0.20 جرام فى اللتر من المواد العضوية.
- 2.00 جرام فى اللتر من المواد غير العضوية وهى الطين والمواد العالقة.

### 2-2-4 إعداد الفرغ والشدات:

قد تكون الفرغ المستخدمة مصنوعة من الأخشاب الطرية أو الصلبة أو أخشاب الأبلكاج أو الشدات المعدنية، وقد تكون شدات على هيئة بواكى صغيرة أو كبيرة مثل الشدات النفقية، ويجب أن يتوافر فيها ما يلى:

أ- أن تكون قوية لتحمل ضغوط الخرسانة والأحمال الواقعة عليها.

ب- يجب أن تكون محكمة حتى لا تسرب المونة.

ويفضل رش الشدات الخشبية بالماء قبل الصب حتى لا تمتص الشدات مياه الخرسانة ولعلل أية فواصل بين أجزاء الشدة، ويجب عمل تحديب للشدات فى حالة المنشآت ذات البحور الطولية عكس اتجاه الترخيم، ففي حالة الكمرات فيكون التحديب  $1/400$  من البحر إذا زاد البحر عن 150 متر و  $1/150$  من البحر فى حالة الكوابيل الأكبر من 2 متر.

### 3-2-4 تجهيز الكميات والعبوات:

فى حالة الخلطات الحجمية تعمل صناديق للركام بحجم يتوقف على سعة الخلطة، ويضاف الماء بإناء معايير، أما الأسمنت فيعابى بالشيكارة، أما فى حالة الخلطات الوزنية فيتم وزن المكونات طبقاً لسعة الخلطة.

### 3-4 مرحلة الخرسانة الطازجة:

وتنقسم خطوات صناعة الخرسانة فى هذه المرحلة إلى مراحل الخلط والنقل والصب ودمك الخرسانة.

#### 1-3-4 خلط الخرسانة:

قد يكون خلط الخرسانة يدوى أو ميكانيكى، ولايفضل الخلط اليدوى، ولكن إذا لزم الأمر من استخدامه فلايد من اتخاذ الاحتياطات اللازمة، حيث يتم خلط المواد مرتين على الناشف قبل إضافة المياه بالمحراث، ثم تخط مرتين على الأقل بعد إضافة الماء. أما الخلط الميكانيكى فيتم فى خلطات حجمية أو خلطات مركزية. ويتم الخلط لمدة تتراوح بين 2-5 دقائق، وتلطف الخلطات الوزنية عن الحجمية حيث يتحسن ضبط الجودة باستخدامها.

### الخلطات الحجمية Volumetric Mixer:

ويوجد منها عدة أنواع:

1. خلطة تدور حول محور رأسى: وتستخدم غالباً فى المعامل.
  2. خلطة نحلة: وهى خلطة ذات سعة صغيرة تدور حول محور وهذه لا تستخدم فى الأعمال الهامة.
  3. خلطة حجمية ذات سعة كبيرة: تتميز هذه الخلطة بحلة ذات سعة كبيرة ويقوم المقاول بتجهيز منصة تحميل أمامها.
  4. خلطة ذات قادوس تحميل.
- ويجب على المهندس تحويل تصميم الخلطة إلى محتويات حجمية ومثالا كما يلى:

أسمنت	رمل	زلط	ماء
7 شكاير	0.4 م3	0.82 م3	180 لتر

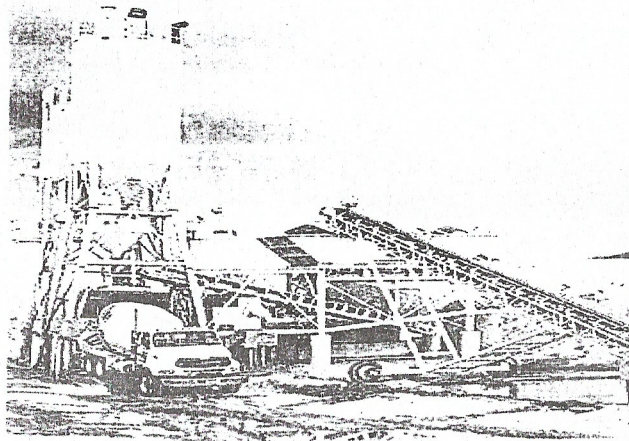
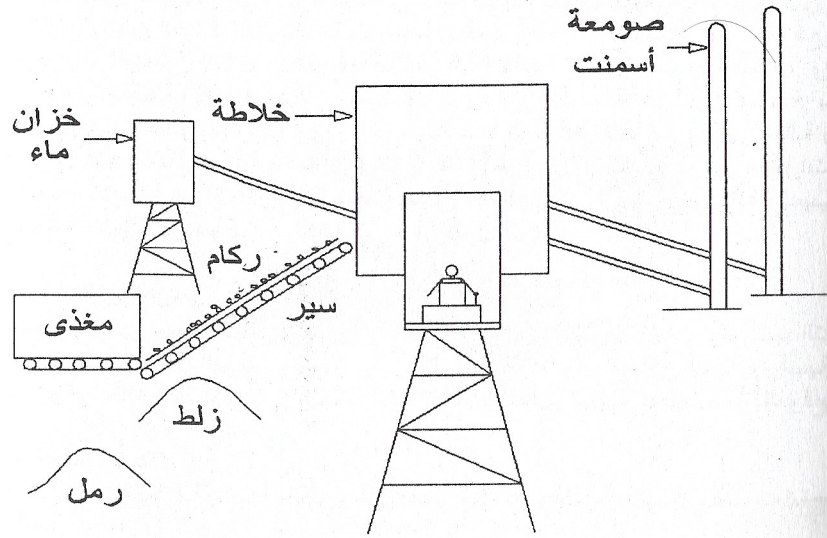
شكل رقم (1-4) يحتوى على رسومات توضح الأشكال المختلفة لبعض الخلطات الحجمية.

### الخلطات الوزنية (Bach plant):

وتتكون من الأجزاء التالية:

1. الخلطة و هى المكون الرئيسى
2. برج التحكم: وفيه مجموعة من الموازين، ومزود بوحدة تحكم إلكترونية فى بعض المحطات، ويتصل البرج بالخلطة بحيث يتم وزن أية كميات من المواد تدخل للخلطة.
3. صوامع تخزين الأسمنت.
4. خزان ماء.
5. خزان إضافات.
6. أماكن تخزين الرمل وأماكن تخزين الركام الكبير بمقاساته المختلفة.
7. عربات دوارة لنقل الخرسانة للموقع، أو عربات صغيرة غير دوارة.
8. مغذى للركام: وهو عبارة عن حاوية ذات غرف متعددة يوضع فيها الركام باستخدام محمل (Loader) أو سير.
9. سير لنقل الركام للخلطة.





شكل (2-4) شكل و صورة للخلاطة الوزنية

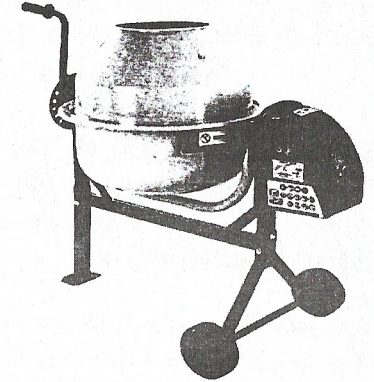
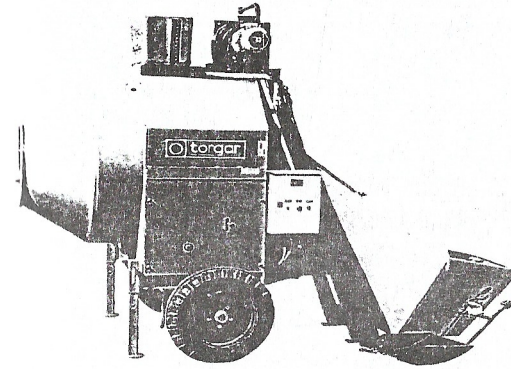
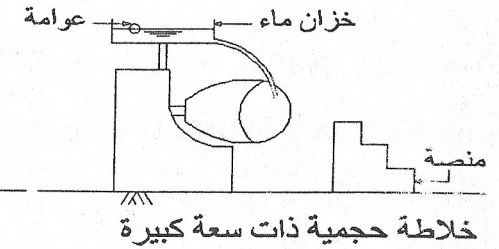
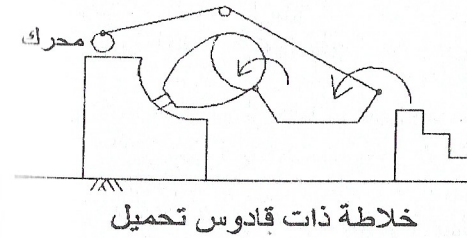
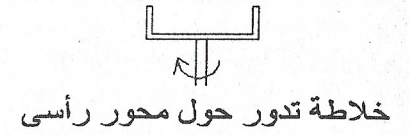
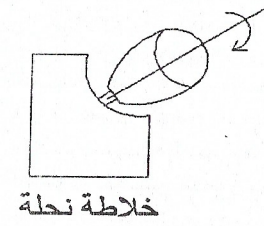
#### 2.1.1 نقل الخرسانة:

وتتم عملية النقل بطرق عديدة منها:

- 1- بالطرق اليدوية: حيث يتم الحمل المباشر للخرسانة.
- 2- بواسطة عربات صغيرة تدفع يدوياً: وهي سهلة المناورة.
- 3- باستخدام Dumper:

وهي عربات تتحرك داخل الموقع يتحكم فيها سائق، وتعمل بالوقود، وتتميز بخفة الحركة والمناورة ونقل الخرسانة من المضخة حتى مكان الصب، ويعيبها في حالة عدم إستواء الطرق أن الخرسانة قد تتعرض للزيف نتيجة الهز الزائد.

4- العربات الخلاطة:



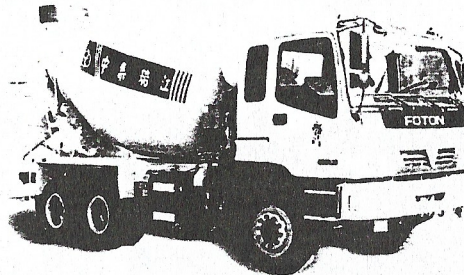
شكل (1-4) أشكال وصور الخلاطات الحجمية

وتتميز تلك الخلاطة بـ:

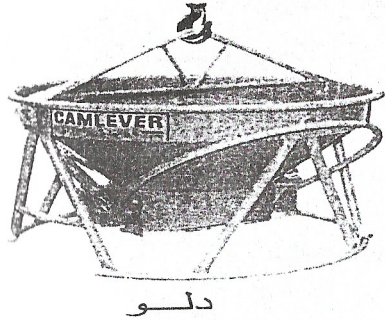
1. إنتاجية عالية تتراوح بين 30 إلى 150 م<sup>3</sup>/ساعة.
2. جودة عالية.
3. الخلاطة مجهزة بمقاييس لقياس رطوبة الرمل والركام الكبير، وتعديل الأوزان.

شكل رقم (2-4) يوضح رسومات للخلاطة الوزنية.

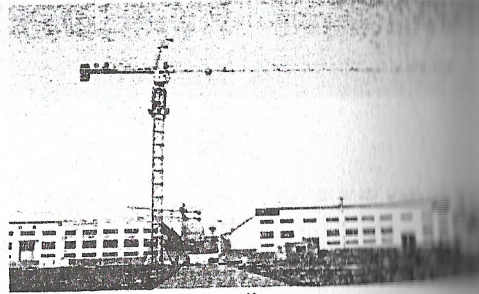




عربة دوارة

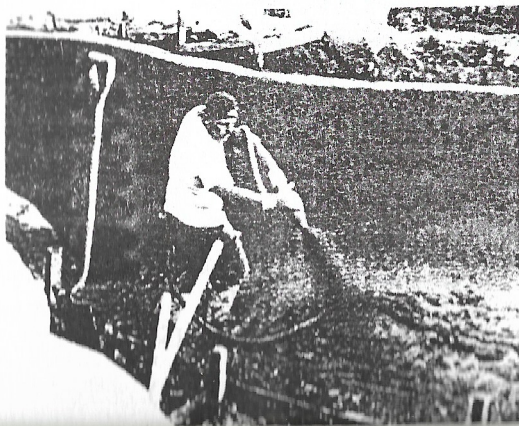


دلو

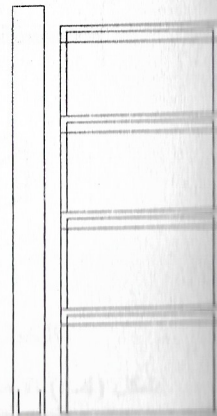


صورة للونش

شكل (3-4) أساليب نقل الخرسانة



مصعد



وهي عربة مزودة بحلقة دوارة مزودة بأذرع ميكانيكية داخل العربة، تعمل على خلط الخرسانة عند نقلها من الخلاطة المركزية الى داخل المدن أو خارج المدن إلى الموقع، وقد يطول مسار الرحلة للوصول للموقع، لذلك فغالباً تضاف إضافة كيميائية مؤجلة للشك، ويجب ضبط سرعة دوران الحلة لتكون قياسية، ويجب ألا تزيد فترة الرحلة عن 1.5 ساعة، بحيث يتم التأكد من الهبوط المطلوب ووحدة وزن الخرسانة عند الوصول للموقع، وفي حالة زيادة الزمن عن ذلك، فيجب عمل دراسة مسبقة بحيث لا تتأثر خواص الخرسانة. ومن مميزات هذه الطريقة صب الخرسانة في الأماكن المزديحة حيث لا يتوفر مكان لخلط الخرسانة ويعيب هذه الطريقة صعوبة التحكم في هبوط الخرسانة في حالة طول الرحلة.

#### 5- الأوناش Cranes:

ويستخدم ونش واحد أو عدة أوناش في الموقع الواحد لنقل الشدات وصلب التسليح والخرسانة وكل شيء داخل الموقع، وتتميز بقدرتها على الوصول لأماكن أفقية ورأسية دون إعاقة العمل، وفي حالة تعدد الأوناش، فيجب عمل تخطيط مسبق لكيفية عملها معاً بالموقع.

#### 6- المصاعد Lifts:

وتستخدم لنقل الخرسانة رأسياً فقط، وهي غير مكلفة، ولكن أعلى السقف تحتاج للقل للخرسانة أفقياً.

#### 7- العربات الرجاجة Jetting Lorries:

حيث تنقل الخرسانة وتعرضها للرج الخفيف للحفاظ على قوامها.

#### 8- قذف الخرسانة Shot concrete:

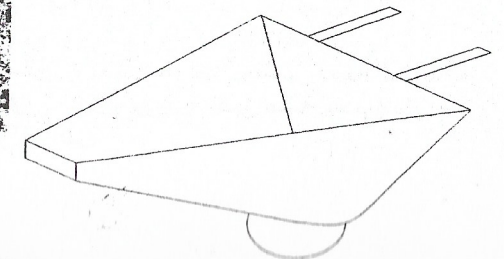
ويتم قذف الخرسانة تحت ضغط، ويستخدم فيها ركام لا يزيد مقاسه الاعتباري الأكبر من 10 مم، وتستخدم في أعمال الترميم وصب الأجزاء ذات الأسماك الصغيرة، وتحتاج لعمال مدربة.

#### 9- استخدام المواسير (المزrab):

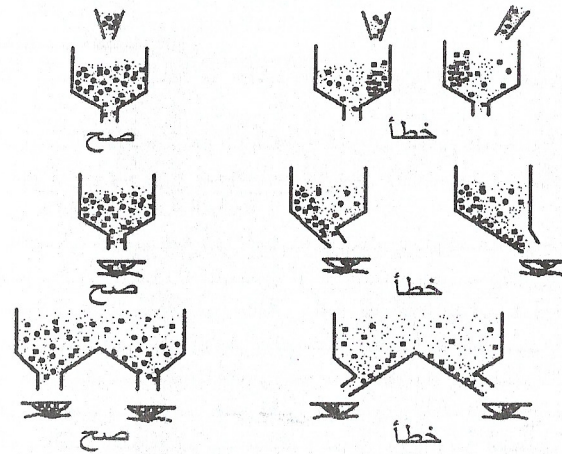
تستخدم المواسير لنقل الخرسانة إلى الأساسات أسفل سطح الأرض، ويجب الحفاظ عليها من تعرضها للانفصال.

#### 10- السيور الناقلة:

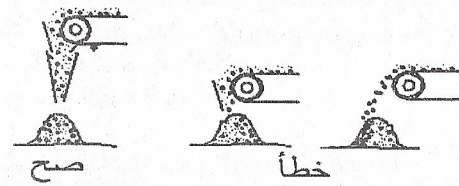
وهي إما أن تكون مفردة أو متعددة، وقد تتعرض فيها الخرسانة للانفصال وفقد الهبوط شكل رقم (3-4) يحتوي على تلخيص لأساليب نقل الخرسانة، وأثناء نقل الخرسانة من الخلاطة ووضعها في العربات أو عند الصب في القوالب، يجب تلاشي حدوث انفصال أو إدماء للخرسانة. ويوضح الشكل (4-4) الأخطاء المحتملة أثناء عملية النقل والصب في العبوات والقوالب.



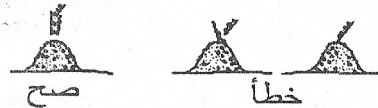




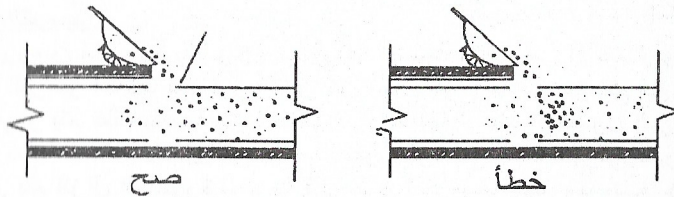
الخطأ في النقل بالقواديس



الخطأ عند نهاية السور



الخطأ عند نهاية المواسير

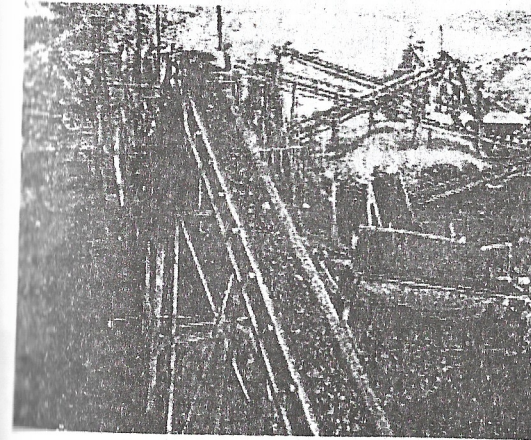


الخطأ عند النقل بالعربات اليدوية



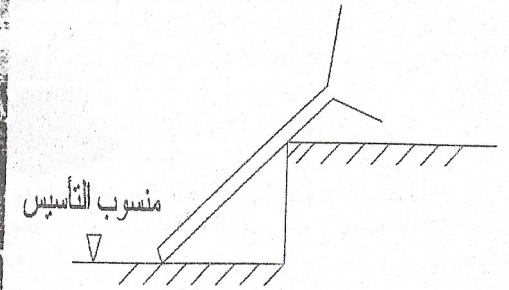
الخطأ عند استخدام المواسير في الأسطح المائلة

شكل (4-4) الأخطاء المحتملة أثناء نقل الخرسانة وتصحيحها (مستمر)



السيور

شكل (3-4) (مستمر) أساليب نقل الخرسانة



النقل بالمواسير



### 3-3-4 صب الخرسانة: 1-3-3-4 صب المنشآت التقليدية:

يجب قبل صب الخرسانة التأكد من تفاصيل التسليح والأبعاد واستلام الشدات، ويوصى بما يلي أثناء الصب:

1. تصب الخرسانة للبلاطات واللبشه والكمرات على طبقات تدمك كل واحدة دمكاً جيداً، ويفضل أن يتراوح سمك الطبقة بين 30 سم في حالة الخرسانة المسلحة و 50 سم في حالة الخرسانة العادية.
2. في حالة صب الخرسانة في أعمدة أو حوائط رأسية، فيجب الصب على عدة مستويات، حتى لا يحدث انفصال أو نزيف، بحيث يكون ارتفاع الصب الحر يتراوح بين 2- 2.5 متر وفي حالة زيادة الارتفاع يمكن عمل فتحة صب جانبيه في الشدة وبعد صب المرحلة الأولى يتم غلق الفتحة ثم يتم صب المرحلة الثانية.
3. في حالة صب خرسانة حديثة على خرسانة قديمة، فيجب تشبيح الخرسانة القديمة بالماء قبل الصب بـ 24 ساعة، على أن يكون ذلك السطح خشن أو يخشن لبرش الزلط، ثم ينظف السطح بفرشة سلك، ثم يرش بمونة أسمنتية غنية، ويمكن دهان سطح الخرسانة القديمة بدون رشها بالماء، بمادة إيوكسية، أو مادة بولمرية تزيد من ترابط الخرسانة القديمة بالخرسانة الحديثة. وفي تلك الحالة يجب أن يكون سطح الخرسانة جاف. في حالة المنشآت الهيدروليكية، يفضل أن تتم عملية التخشين بالسفع بتيار رمل تحت ضغط عالي.
4. شكل (5-4) يوضح كيفية الصب الصحيح.

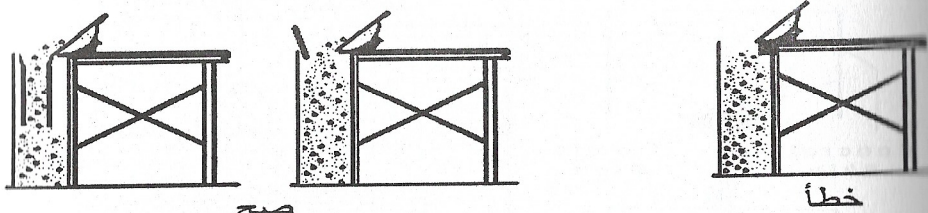
### 2-3-3-4 صب الخرسانة تحت الماء وفي الأساسات العميقة:

هناك عدة طرق لصب الخرسانة تحت الماء وهي:

- أ. طريقة ترميو Tremie.
- ب. الدلو Bucket.
- ج. حقن الركام.
- د. الشكاثر الخرسانية.
- هـ. ضخ الخرسانة.

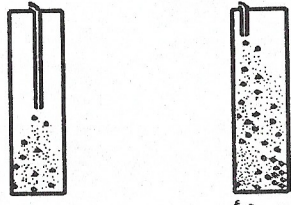
### 1 - طريقة الترميو:

وتتكون من ماسورة بقطر 25 سم أو 10 أضعاف المقاس الإعتباري الأكبر للركام و ماسورة الترميو أعلاها قادوس، وتغلق من أسفل بلوح معدني، يتحكم في فتحه وغلقه كابل من داخله، أو يتم غلقه بقطعة من الخشب في أسفلها، وعند الوصول إلى العمق المطلوب تدفع الخرسانة السدادة لأسفل. في حالة ما تكون قوة دفع الماء الجوفي أكبر كثيراً من وزن الماسورة، يتم إنزال الماسورة مفتوحة قبل ضخ الخرسانة بها، ويوضع غلاف من البولي إيثيلين أعلى الماسورة ليكون أسفل الخرسانة ليمنع إختلاط الخرسانة بالماء. وفي حالة ما تكون سرعة الماء أكبر من 30 سم / دقيقة، يجب عمل سدود لتخفيض السرعة (شكل 6-4).



صحيح

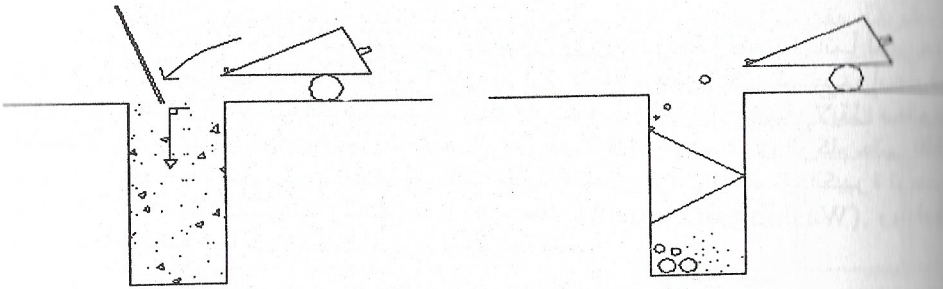
صب الأعمدة بالعربات



صحيح

خطأ

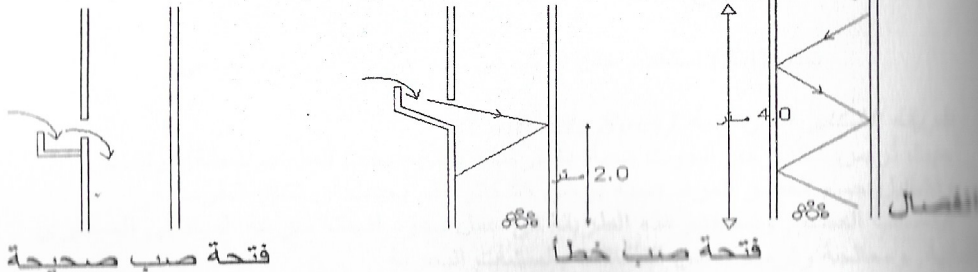
صب الأعمدة بالمضخة



خرسانة متجانسة

حدوث انفصال

كيفية صب الكمرات



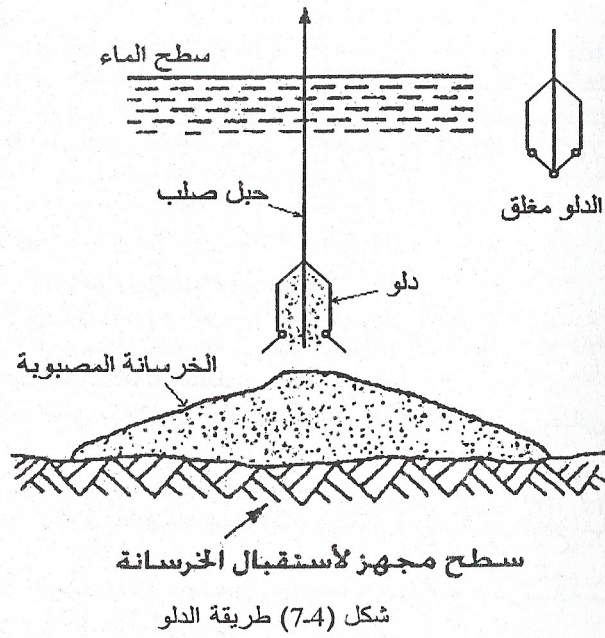
فتحة صب صحيحة

فتحة صب خطأ

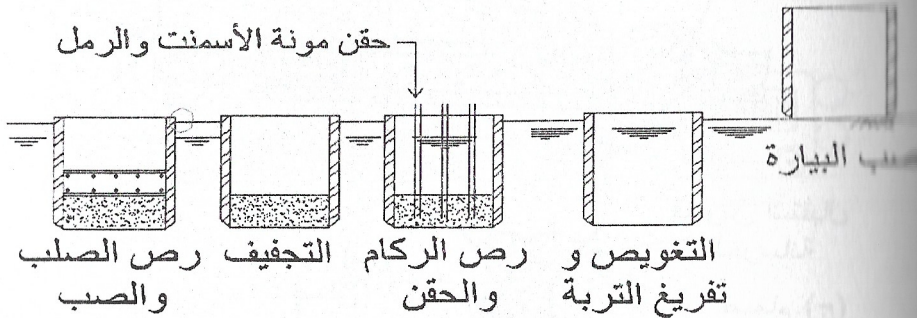
كيفية صب الأعمدة

شكل (5-4) كيفية الصب الصحيح



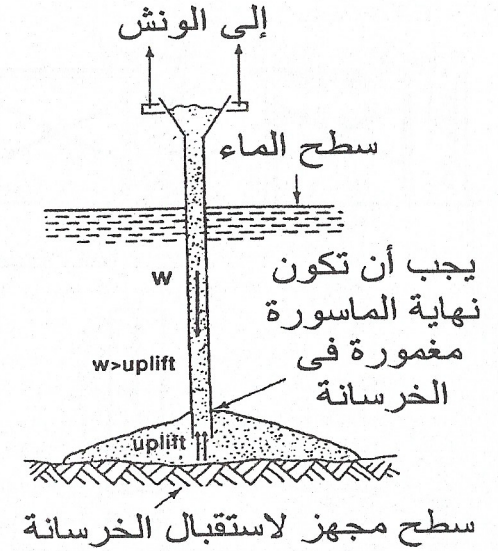
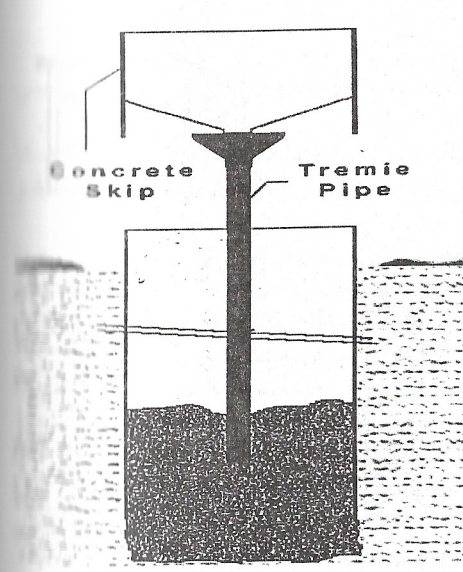


طريقة حقن الركام الكبير (Injection of Placed Aggregate): حيث يتم رص الركام الكبير، ثم تضخ المونة بواسطة مواسير خاصة أو مضخات، ويتم استخدامها في ترميم الأعضاء التي يصعب الوصول إليها، وكذلك صب وتنفيذ بيارات الصرف الصحي بالخطوات الموضحة بشكل رقم (8-4).



طريقة الشكاير الخرسانية (Concrete Sacs): حيث تُرصد شكاير من الجوت معبأة بالخرسانة بعناية تحت الماء بواسطة غواصين، وتشكل جسم العضو المراد صبه برص الشكاير، ثم يحدث أن تشكل الخرسانة، فيصلب العضو، وتستخدم هذه الطريقة في عمل سدود لتهذنة سرعة المياه في المجارى المائية، ومعالجة وترميم بعض التآكلات بالمنشآت البحرية.

طريقة صب الخرسانة بالمضخات (Placing by Pumping Method):



يتم صب الخرسانة داخل الترميو، على أن يكون وزن الخرسانة داخلها دائماً أكبر من قوة دفع الماء. ويراعى عند نقل ماسورة الترميو أن لا تُنقل أفقياً، ولكن تسحب رأسياً، ثم تنزل في المكان المناسب أثناء الصب، ويجب أن تكون الخرسانة غنية؛ لايقل محتويات الأسمنت عن 400 كجم/م<sup>3</sup>، ولا يقل محتوى الرمل عن 50% من محتوى الركام حتى لا يحدث الانفصال، ويُنصح باستخدام إضافات عالية التلدين، وفي الأعماق الكبيرة توضع مواد ناعمة (إضافات معدنية) لمنع غسيل الأسمنت (Washing of cement)، وينطبق ذلك أيضاً في حالة ما تكون هناك أمواج أو سرعة بالماء.

ب - طريقة الدلو (Bucket):

وهو عبارة عن دلو مفتوح من أعلى ذي بوابة من أسفل، حيث يتم ملء الدلو بالخرسانة وتغطيته، ثم إنزاله إلى المكان المطلوب، ثم تفتح البوابة السفلية، فتصب الخرسانة (شكل 7-4)، ويُفضل ألا يقل الهبوط عن 10 سم، ولا يقل محتويات الأسمنت عن 400 كجم/م<sup>3</sup>، ويزداد محتوى الرمل، ويُفضل دائماً أن يتم الصب بالدلو داخل ماسورة.



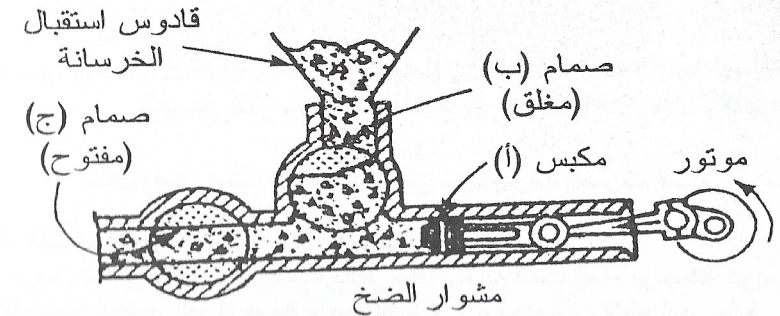
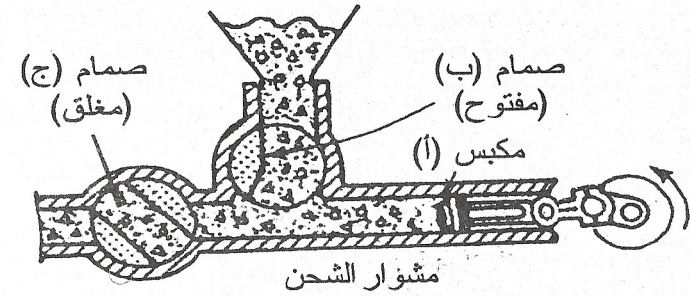
وهي عبارة عن ضخ الخرسانة بعد صلبها في مواسير مرنة أو جسنة (Rigid) إلى أماكن الصب في قوالب. وتعتبر هذه الطريقة من الطرق التي تحقق إنتاجية صب عالية، وهي تستخدم في أغلب الإنشاءات، ولو أنها تفضل في المواقع الغير متوفر فيها معدات تشييد. ولا تفضل في الأماكن المرتفعة جداً لغلو ثمن المواسير وارتفاع قيمة الطاقة المبذولة، وبالتالي تؤثر على إقتصاديات المشروع.

### \* أنواع المضخات:

#### 1- المضخات ذات المكبس (Piston Pumps):

وهي تختلف من منتج إلى آخر، وعموماً فإنها تتكون من الأجزاء الرئيسية التالية:

- 1- قادوس يستقبل الخرسانة الطازجة من الخلاطة.
  - 2- اسطوانة تستقبل الخرسانة من القادوس.
- هذه الاسطوانة تلتقي بالقادوس على هيئة حرف T مقلوب، وبالتالي يكون لها ثلاث فتحات:
- الفتحة الأولى: يعمل عليها مكبس (أ) متصل بموتور يعمل بالديزل أو بالكهرباء.
  - الفتحة الثانية: يعمل عليها صمام (ب) يتحكم في دخول الخرسانة من القادوس للاسطوانة.
  - الفتحة الثالثة: فيعمل عليها صمام (ج) يسمح بخروج الخرسانة من المضخة إلى المواسير وليس العكس (شكل 9-4).



شكل (9-4) المضخة ذات المكبس

3- مواسير مرنة من المطاط المقوى أو من وصلات من المواسير الجسنة.

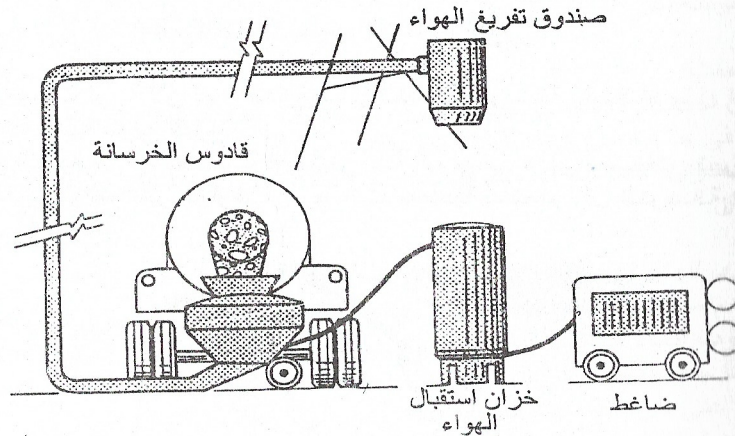
### \* الطريقة العمل:

ينقسم عمل المضخة إلى مشوارين: المشوار الأول؛ هو مشوار الشحن، وفيه يتحرك المكبس (أ) إلى الخارج، وبالتالي يفتح الصمام (ب)، فيسمح بنزول شحنة من الخرسانة للاسطوانة، في حين سيكون الصمام (ج) غالقاً للاسطوانة، والمشوار الثاني؛ هو عكس المشوار الأول، حيث يتحرك صمام المكبس (أ) للداخل، وبالتالي يغلق الصمام (ب)، ويلى ذلك فتح المكبس (ج)، فتندفع الخرسانة في المواسير. وعموماً تتغير سعة القادوس من 0.10 إلى 1.5 م<sup>3</sup>، وغالباً ما يكون مزود بأجهزة إعادة طلاء لكي يحافظ على قوام وتجانس الخلطة.

#### المضخات الهوائية Pneumatic Pump:

ويتكون هذا النوع من المضخات من الأجزاء الرئيسية الآتية، كما هو مبين بشكل (10-4).

- 1- خزان هواء.
- 2- ضاغط للهواء.
- 3- مستقبل الخرسانة من الخلاطة.
- 4- المواسير الناقلة.
- 5- خزان تصريف الهواء.



شكل (10-4) المضخة الهوائية

### \* الطريقة العمل:

يتم شحن مستقبل الخرسانة، ثم يتم تشغيل ضاغط الهواء ليولد ضغط على الهواء في الخزان، فيندفع الهواء بقوة إلى مستقبل الخرسانة، حيث يدفعها في المواسير، وعند النهاية تصب في خزان لتصريف الهواء الموجود بالخلطة، ثم تندفع الخرسانة لمكان الصب، وتستخدم تلك المضخات لنقل الخرسانة لمسافات طويلة، وتستخدم بدون خزان تصريف الهواء في أعمال الترميم.

#### المضخات الضغط والدفع Squeeze Pressure Pump:

وهي واضحة من الشكل (11-4) تتكون المضخة عموماً من:

1- قادوس لتجميع الخرسانة.



#### \* خواص الخرسانة والمواد المستخدمة في المضخات: أ - الركام:

عموماً فإن الركام الدائري يفضل عن الركام الزاوي، ولو أن كلاً منهما يُستخدم. وكذلك فإن الزلط والركام الصخري الغير قابل لامتصاص المياه تكون له الأولوية في الاستخدام. وعموماً فإنه للركام الزاوي المستخدم في المضخات، يجب ألا يزيد مقاسه الاعتباري الأكبر عن ثلث القطر الداخلي للمواسير حاملة الخرسانة أو مواسير الضخ أيهما أقل، في حين يصل هذا المقاس إلى 40% من القطر الداخلي في حالة الركام الدائري.

وأيضاً فإن الركام الأملس يكون أكثر تفضيلاً عن الركام الخشن. ومن المناسب ألا تتعدى نسبة الركام الكبير نسبة معينة حيث أن زيادته قد تسبب مشاكل كثيرة في الموقع، لذلك فإن مصمم الخلطة الخرسانية عليه أن يقلل محتوى الركام الكبير قليلاً عن الخلطة المستخدمة في طرق الصب العادية.

أما الرمل فهو يلعب دوراً أكثر أهمية حيث أنه مع الأسمنت والماء يمثل المونة الحاملة للركام الكبير. والرمل المستخدم في المضخات تتراوح معايير نعومته بين 2.13 و 3.37، ولو أن القيم العالية منه غير مفضلة؛ حيث أن الرمل الناعم يكون أكثر كفاءة؛ لمقاومته الجيدة للانفصال، وبالتالي يساعد على كفاءة الضخ، ولذلك نرى أنه يفضل استخدام رمل معايير نعومته بين 2.30 و 2.60.

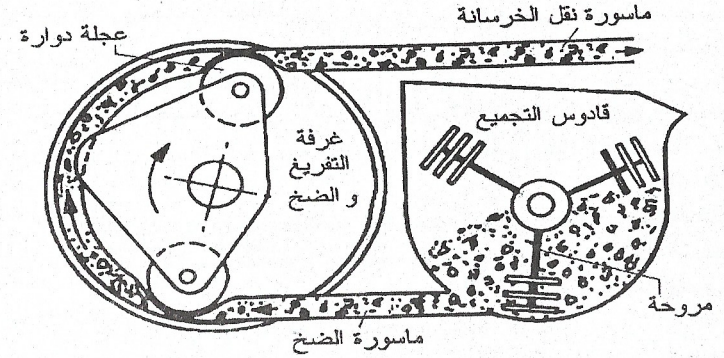
#### ب - الأسمنت:

يفضل استخدام الأسمنت البورتلاندي العادي، وقد يمنع استخدام الأسمنت سريع التصلد، وخاصة في حالة المسارات الطويلة التي قد تؤدي إلى مشاكل كثيرة. أما محتوى الأسمنت فيتحكم فيه احتياجات كلاً من درجة التشغيلية ومقاومة الضغط المطلوبتان.

#### ج - محتوى الماء (Water Content):

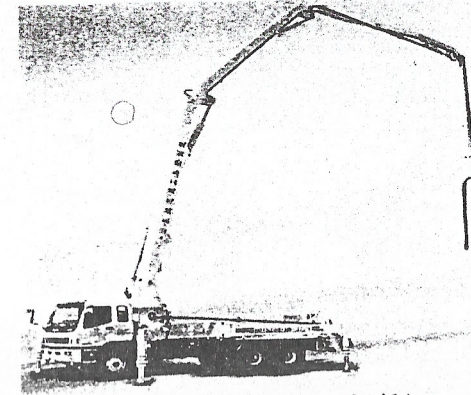
من أهم متطلبات الخرسانة المستخدمة في المضخات هو أن تكون قادرة على الضخ بدون حدوث إدماء أو انفصال في مكوناتها، وفي حالة غياب الإضافات، فإن الماء يلعب دوراً هاماً جداً، ويجب على المهندس في الموقع ألا يلجأ للزيادة العشوائية في الماء أملاً في الحصول على خرسانة سهلة الضخ؛ فإنه يؤدي إلى مشاكل وخيمة. فقد يحدث نزيف؛ مما يؤدي إلى نقص في المقاومة المتوقعة، وقد يحدث في حالة زيادة كمية المياه أن يسير الماء حاملاً أغلب حبيبات الأسمنت بسرعة ويترك الركام راقداً في المواسير، ومع مرور الوقت يحدث تراكم للركام؛ مما يؤدي إلى انسداد المواسير، وفي هذه الحالة، يرجع القائمون بالعمل هذه المشاكل إلى نظام المضخات، في حين أنه يعود لقلّة المعلومات والخبرة، انظر شكل (4-12).

- 2- ماسورة ضخ مرنة تتصل من جهة بقادوس التجميع المزود بمراوح لدفع الخرسانة، ومن جهة أخرى تتصل بماسورة الخرسانة.
- 3- وحدة الدفع؛ وهي مزودة بعجلتين دوارتين (أ، ب) تحدث اختناق في مواسير الضخ، ثم تدفع الخرسانة إلى أعلى وإلى الأمام، وجدير بالذكر أنها مزودة كذلك بغرفة لتفريغ الهواء أمام دفعة الخرسانة، مما يساعد على سهولة انسياب الخرسانة.
- 4- مواسير نقل الخرسانة؛ وهي إما مرنة أو جسنة.



شكل (4-11) مضخة الضغط و الدفع

وهذه المضخات قوية لأن بها عدة وسائل لشحن الخرسانة بالطاقة؛ مثل المراوح ووحدات الدفع وعملية تفريغ الهواء. ومن المهم التنويه إلى أن مضخات نقل الخرسانة اليوم عبارة عن مضخات متحركة لأنها تتركب على سيارة والمواسير عبارة عن وصلات مفصلية تُستخدم لنقل الخرسانة، كما هو موضح بشكل (4-11 ب).



شكل (4-11 ب) مضخة متحركة

وفي المنشآت العالية كمناطحات السحاب يتم دفع الخرسانة بواسطة المضخة لمنسوب معين في المبنى، وعند ذلك المنسوب يتم خلط خرسانة جديدة يتم دفعها لباقي الطوابق بمضخة مثبتة عند هذا المنسوب.

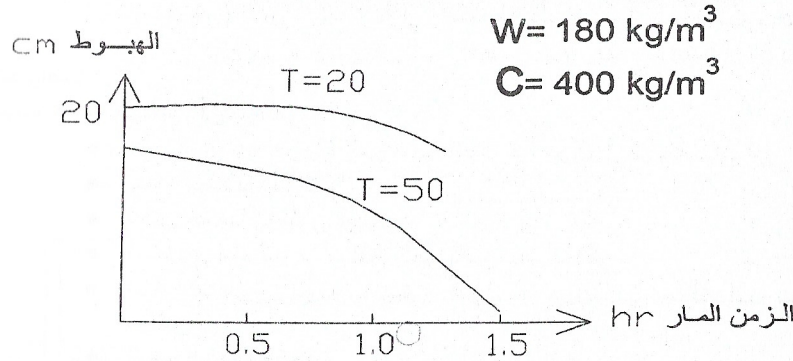


- 5- قبل بدء ضخ الخرسانة يجب تشغيل جميع الوحدات أولاً، والتأكد من صلاحيتها، ثم يلي ذلك ضخ مونة أسمنت في مواسير نقل الخرسانة؛ حتى تبطن بلباني الأسمنت الذي يقلل من الاحتكاك.
- 6- يفضل بعد فترة تشغيل أن يُضبط معدل صب ثابت، وغير مسموح بإيقاف عملية الضخ.
- 7- في حالة انسداد إحدى وصلات المواسير، فيتم إدخال قضيب من الصلب، وإلا فقد يُلجأ لضخ تيار من الماء أو الهواء.
- 8- يتم غسيل المضخة والمواسير عند نهاية العمل

#### 4.3.1 صب الخرسانة في الأجواء الحارة (Hot Weather Concreting):

في الأجواء الحارة حيث ترتفع الحرارة وتقل درجة الرطوبة وتزداد سرعة الرياح، تتأثر بمراس الخرسانة في مراحلها الثلاثة، ويجب على المهندس التحكم في صب الخرسانة؛ حتى لا تنال من التأثيرات السلبية على الخرسانة.

- 1- تأثير الجو الحار على خواص الخرسانة الطازجة:  
إن الخرسانة يقل هبوطها اللحظي ويزداد فقد الهبوط مع الزمن، كما بالشكل (4-13)، ويلاحظ أن متطلبات ماء الخلط تزيد في الجو الحار.



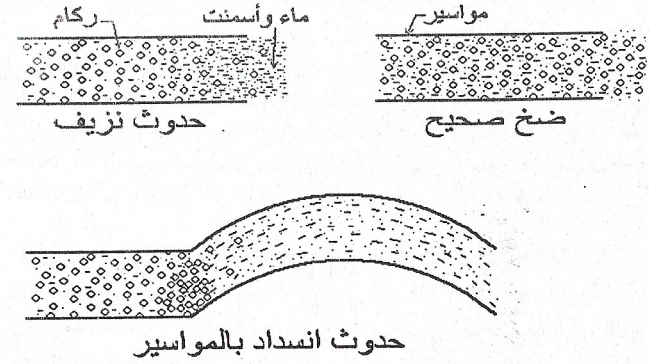
شكل (4-13) شكل تخطيطي يوضح تأثير الجو الحار على فقد الهبوط مع الزمن

#### 2- تأثير الجو الحار على الخرسانة الخضراء:

إذا تركت الخرسانة في الجو الحار بعد صبها دون معالجة، فتجف الخرسانة وتعرض لانكماش مبكر؛ يؤدي إلى ظهور شروخ بها تقلل من تحمليتها.

#### 3- تأثير الجو الحار على خواص الخرسانة المتصلدة:

يؤدي الجو الحار لزيادة مقاومة الخرسانة المبكرة؛ نظراً لزيادة معدلات التفاعل بين الأسمنت والماء، أما مقاومة الضغط عند 28 يوم و 90 يوم في حالة إهمال أخذ احتياطات كافية، فإنها تقل مع زيادة درجة الحرارة، وهذا النقصان يكون أكبر من 20% بالمقارنة بالأجواء العادية، وربما يعود ذلك إلى عدم انتظام تكون جل الأسمنت المتكون مبكراً نتيجة الجو الحار والتأثيرات السلبية على خواص الخرسانة الطازجة، انظر شكل رقم (4-14).



شكل (4-12) الضخ الصحيح وعيوب الضخ

#### د - الإضافات (Admixtures):

أحياناً يكون من الضروري إضافة بعض المواد إلى الخرسانة، وذلك لأداء غرض معين، ومن هذه المواد:

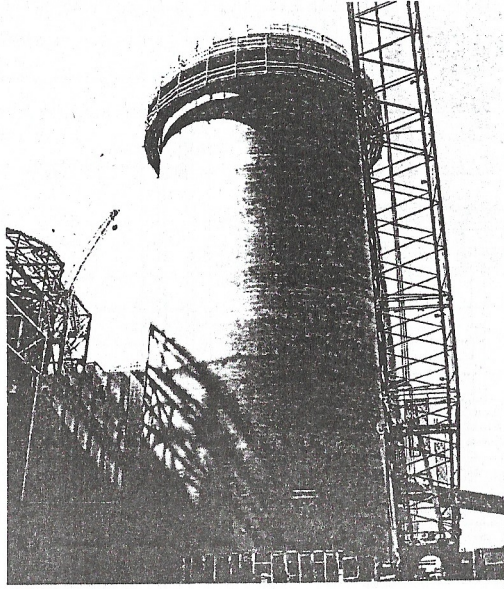
- المواد الملدنة Plasticizer.
- المواد الملدنة المؤجلة والمواد عالية التلدين Super-plasticizer.
- المواد المسببة للهواء المحبوس.

وهذه المواد كلها تسبب تحسن في درجة التشغيلية، ومنها من يؤجل شك الخرسانة ويقلل من فقد التشغيلية مع الزمن وقد تستخدم الإضافات المعدنية لتقليل النزيف والانفصال. ويلاحظ أن المواد الملدنة والعالية التلدين والمواد المسببة للهواء المحبوس تتميز بحفظ التجانس للخلطة وتقلل من ظاهرة انفصال أو نزيف الخرسانة. ومن المفضل أن تشير إلى أهمية استخدام المواد المؤجلة في حالة طول خط المواسير أو زيادة ارتفاع المنشأ، ومن الأمور الهامة للمهندس الاستشاري ألا يأخذ عينات الخرسانة (المكعبات والإسطوانات) من الخلطة؛ بل تؤخذ عند نهاية خط المواسير (مكان الصب) حيث أنه سيمثل الخرسانة في آخر مراحلها، ومن الضروري كذلك في حالة ملاحظة النزيف أو الانفصال بالعين أن يتخذ القرار المناسب.

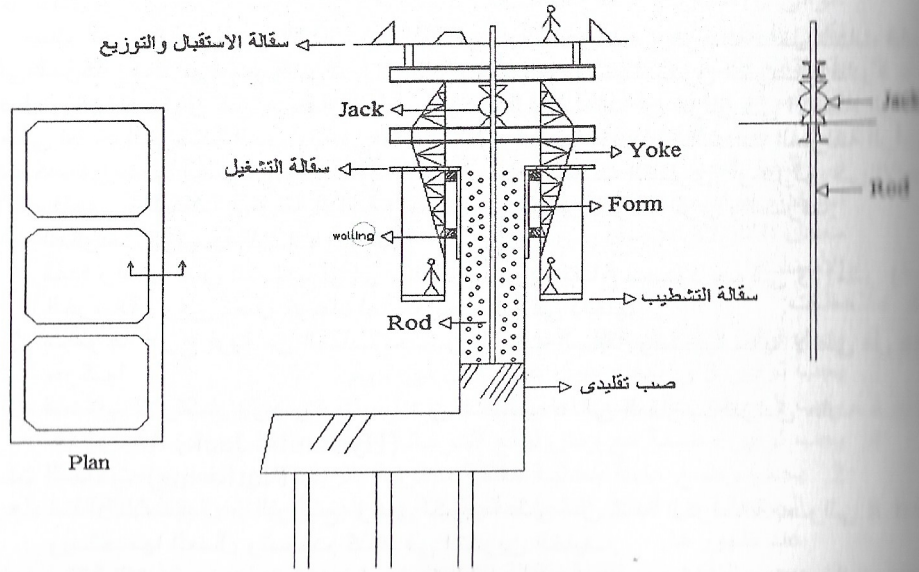
#### هـ - توصيات عامة (General Recommendation):

- 1- يجب ألا يكون تخطيط الموقع العام لوحدة الضخ عشوائياً؛ بل يجب عمل تصميم مسبق، بحيث يقلل من فواقد الطاقة ويقلل الزمن.
- 2- مسار خط المواسير يفضل أن يكون المسار الذي به أقل انحناءات.
- 3- يجب أن يكون هناك وحدات إضافية جاهزة لتعويض أى جزء قد يصيبه العطل، سواء للخلطة أو للمضخة.
- 4- في حالة ضخ الخرسانة في مرتفعات، فيجب تزويد المواسير بالقرب من المضخة بصمام يمنع رجوع الخرسانة في الطريق العكسي، أما في حالة ضخ الخرسانة لأسفل لأغماق 15 متر أو يزيد فيجب وضع صمام لتصريف الهواء المتجمع، ولابد من حدوث تفريغ في منتصف مواسير نقل الخرسانة.

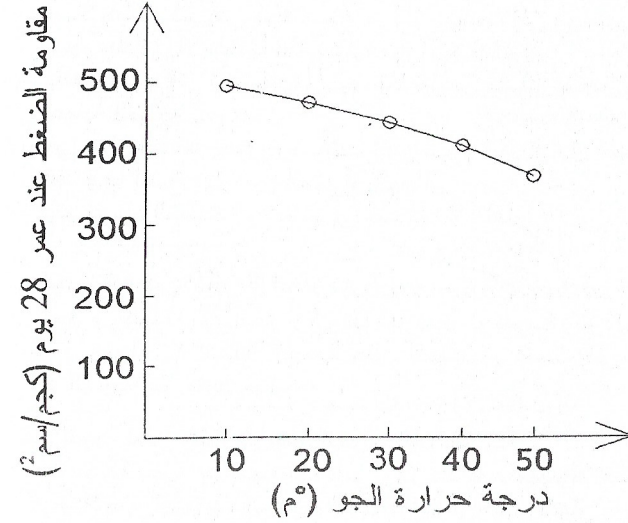




شكل رقم (15-4-أ) مثال لأحد المنشآت المستخدم فيها الشدة المنزلقة



شكل (15-4-ب) مسقط أفقي لصومعة وقطاع رأسي موضح عليه تركيب الشدة المنزلقة



شكل (14-4) تأثير درجة الحرارة المحيطة على مقاومة ضغط الخرسانة

#### \* الإحتياجات:

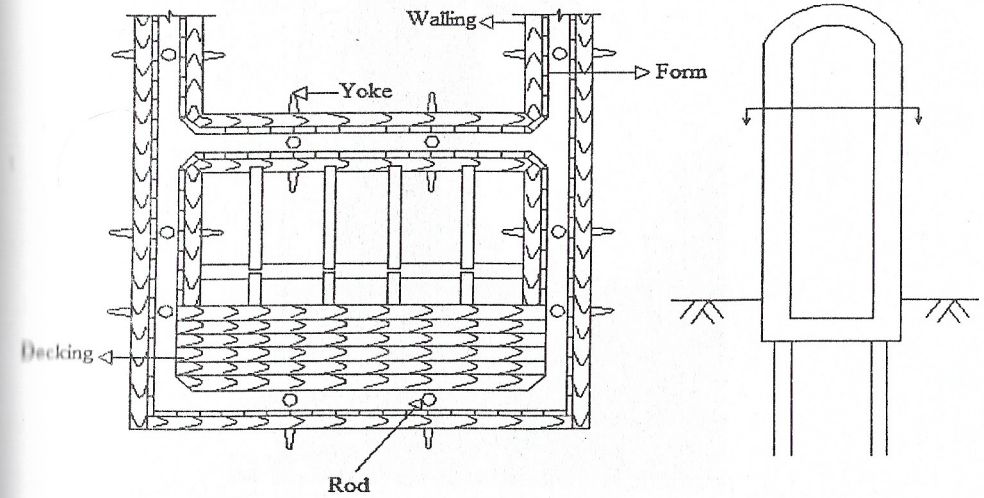
- يجب على المهندس أن يراعى ما يلي:
- لزيادة درجة حرارة الخرسانة الطازجة عن 35 درجة مئوية.
- عمل مظلات للركام.
- دهان المعدات بلون أبيض.
- استخدام ماء مبرد أو ثلج كجزء من ماء الخلط.
- الاهتمام بفرش ألواح بلاستيك (بولي إيثيلين) على سطح الخرسانة بعد الخلط مباشرة.
- الإسراع بالمعالجة.
- إضافة ألياف في القطاعات الغير مسلحة لتحمل إجهادات الشد الناشئة عن الانكماش، وتستخدم ألياف البولي بروبيلين بكفاءة في تلك الحالة، وقد لم استخدامها في تبطين الترع بمشروع توشكى بكفاءة.

#### 5.3.3-4 صب الخرسانة بالشدات المنزلقة:

شكل رقم (15-4-أ) يوضح أحد المنشآت (صومعة) التي يستخدم فيها الشدة المنزلقة.



شكل رقم (15-4-ب) يوضح قطاع رأسى فى الشدة المنزلقة لأحد حوائط صومعه وتفصيله لقضيب الارتكاز والمضخة.



شكل رقم (16-4) يوضح مسقط أفقي لترتيب اجزاء الشدة المنزلقة.

#### ● مقدمة:

صب الخرسانة بإسلوب الشدات المنزلقة هو عبارة عن صب خرسانة داخل شدات قادرة على الحركة وبعد فترة معينة تترك الخرسانة بعد شكها و بحيث تكون الخرسانة قادرة على تحمل وزنها و تكون فى مرحلة التصلب. وهذه الشدات إما أن تنزلق فى الاتجاه الرأسى فتعطى امتداد للخرسانة المصبوبة فى هذا الإتجاه وتسمى عند ذلك بالشدات المنزلقة الرأسية وتستخدم فى صب الصوامع وقلوب المنشآت العالية وبغلات الكبارى, أو تنزلق فى الاتجاه الأفقى فتسمى بالشدات المنزلقة الأفقية وتستخدم فى تبطين قنوات الري والصرف.

#### ● المكونات الرئيسية للشدات المنزلقة:

1. شدة رأسية من الخشب أو أى مادة أخرى بارتفاع محدود حوالى 1.3 متر (شدة الخرسانة) وهى تعمل كوعاء لصب الخرسانة فى داخلها.
2. مجموعة أذرع قوية من الصلب تحتضن الشدات السابقة وتسحبها معها لأعلى فى حالة حركتها.
3. قضيب الارتكاز: وهو قضيب من الصلب عالى المقاومة تنزلق عليه مضخة هيدروليكية (Hydraulic Jack).
4. السقالات (Platforms):
  - سقالة الاستقبال و التوزيع: وهى تكون أعلى من شدة الخرسانة بحوالى 0.8 متر ويستخدمها العمال وتستخدم كذلك فى التشوين الخفيف.
  - سقالة التشغيل: وهى تركز على شدة الخرسانة وترص حولها, ويستخدمها العمال فى رص الصلب ويستخدمها عمال الصب فى صب الخرسانة.
  - سقالة التشطيب: وهى تعلق أسفل شدة الخرسانة ويستخدمها العمال فى معالمة الخرسانة وكذلك فى تشطيب أى عيوب فى الخرسانة.

المضخة الهيدروليكية: وهى مضخة مزودة بمجموعة مكابس وتتركز على قضيب الارتكاز وهى مزودة بقمطة علوية وقمطة سفلية, والقمطة السفلية تمسك فى مجموعة الأذرع ومما هو جدير بالذكر أن مجموعة الأذرع تكون فى أسفلها ممسكة بكمرتين على هيئة حرف C, ويمكن تلخيص عمل المضخة الهيدروليكية فيما يلى:

1. تمسك القمطة العلوية للمضخة بقضيب الارتكاز.
2. تكون القمطة السفلية حرة ونتيجة تشغيل ضغط الزيت تقفز وتتحرك لأعلى حاملة معها الأذرع وشدة الخرسانة والسقالات.
3. تنعكس دورة الزيت فتتمسك القمطة السفلية بالقضيب ومعها مكونات الشدة المنزلقة وتتحرك القمطة العلوية من القضيب لتقفز لأعلى مع ضغط الزيت.
4. تتكرر الدورة السابقة عدة مرات فتتزلق المضخة بسرعة متوسطة (30سم/ساعة) وهكذا تتحرك المضخة لأعلى أثناء صب الخرسانة لتترك الخرسانة بعد حوالى 4.5 ساعة بعد شكها الابتدائى ودخولها مرحلة الشك النهائى.

#### طريقة التشييد:

1. يتم صب الأساسات بالطريقة التقليدية.
2. يتم صب جزء من الحوائط بالطريقة التقليدية.
3. يتم رص الشدة كما هو مبين فى شكل (15-4-ب) و (16-4), وكما هو موضح بالأشكال يتضح أن كل خلية (Silo) تحتاج لعدة مضخات وعدة قضبان كما أن المضخات الصغيرة المرتكزة على القضبان تتصل بخراطيم بمضخة مركزية توضع أعلى شدة الاستقبال للتحكم فى ضخ الزيت فى المضخات المختلفة لكى تتحرك كلها بسرعة واحدة حاملة معها الشدات والسقالات.
4. يتم صب الخرسانة فى الشدة لكامل المقطع الأفقى على هيئة طبقات سمك الطبقة حوالى 10سم ويتم تشغيل المضخات لتتحرك الشدات وبعد فترة حوالى 4.5 ساعة تكون الخرسانة مكشوفة فى الهواء بعد شكها.
5. يتم تتابع الصب و الانزلاق من بداية المنشأ إلى نهايته حيث يتم العمل 24 ساعة فى الموقع وبأخذ معدل انزلاق 30سم/ساعة فإنه يتم صب حوالى 7متر فى اليوم, ويكون صب المنشأ متكامل مرة واحدة بدون فواصل.
6. فى الجو الحار يجب زيادة معدل الصب لتصل إلى حوالى 60سم/ساعة مع استخدام مواد مؤجلة لشك الأسمنت إن تطلب الأمر, وفى الجو البارد يتم إبطاء معدل الانزلاق ليصل إلى حوالى 20سم/ساعة مع استخدام مواد معجلة لشك الأسمنت.

#### ● ملاحظات:

1. يجب توفير إنارة قوية فى الموقع.
2. يجب توفير 3 ورديات عمل على الأقل فى اليوم.
3. يجب الحرص على صب الخرسانة على هيئة طبقات سمكها صغير حتى تشك معاً.
4. يجب توفير مضخة مع ونش لرفع الخرسانة و صلب التسليح والعمالة لأعلى.
2. يجب وضع علب معدنية مغلقة مدهونة بالزيت من الخارج فى داخل شدة الخرسانة فى أماكن الفتحات المطلوبة فى المنشأ ويستخرجها عمال التشطيب عند ظهورها.
3. يجب التأكد من أفقية سقالة التشغيل باستخدام الموازين والأجهزة المساحية والتأكد من رأسية المنشأ باستخدام الأجهزة المساحية وتعليق أثقال بحبال من السقالات لمراقبتها للحكم على رأسية شدة الخرسانة.



#### 4-3-4 دمك الخرسانة:

ويهدف به محاولة الحصول على أعلى كثافة للخرسانة؛ عن طريق نقل طاقة خارجية للخرسانة الطازجة، مما يسهل تحريكها لملء الفراغات، ويتم الدمك إما:

- 1- يدوي: للخرسانة ذات التشغيلية العالية.
- 2- ميكانيكي: باستخدام هزازات داخلية (ذات زمبة) أو هزازات خارجية تقوم بدمك العضو الخرساني.

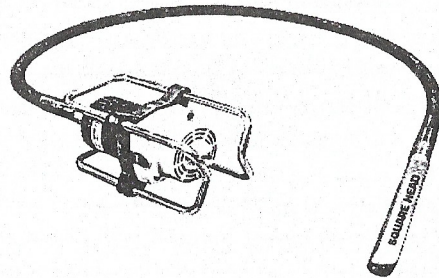
ويجب أن تتم عملية الدمك بطريقة صحيحة بحيث لا يحدث نزيف للخرسانة. ويجب أن يكون قطر الزمبة مناسب للمسافة الخالصة بين حديد التسليح، ويجب الدمك على خطوات في الاتجاه الطولي بحيث تكون المسافة بين كل خطوة لا تزيد عن مرة ونصف قطر الهزاز، كما يجب الدمك على طبقات الصب بحيث لا تشك الطبقة السفلية قبل دمك الطبقة العلوية، حيث يجب أن يخترقها الهزاز.

الآن أن دمك الخرسانة له عدة فوائد منها:

- 1- زيادة وحدة وزن الخرسانة وإقلال الفراغات.
- 2- السماح بتخفيض محتوى الماء المستخدم، وبالتالي رفع المقاومات للخرسانة.
- 3- السماح بتخفيض محتوى الرمل، وما يتبعه من تحسن في مقاومة ضغط الخرسانة.

4- في حالة وجود هزازات قوية، فإن تخفيض ماء الخلط يسمح بتوفير الأسمنت لنفس مقاومة الضغط.

وشكل (18-4) يوضح صورة لأحد الهزازات الداخلية ويجب أن توقف عملية الدمك بمجرد ظهور حبيبات ماء الخلط على سطح الخرسانة. ويجب إيقاف الدمك عندما تظهر حبيبات الماء على السطح العلوي.



شكل (18-4) صورة لأحد الهزازات الداخلية

#### 4-3-5 فواصل الصب:

والمقصود بها الأماكن التي سيتم إيقاف الصب عندها بعد انتهاء يوم العمل، أو إذا كان هناك احتمال لانتهاؤ مادة من مكونات الخرسانة. يقوم المهندس بحساب معدلات الصب اليومية، وبناء عليها يحدد مسبقاً أماكن فواصل الصب، ويُفضل دائماً أن تكون في الأماكن التي بها أقل قوى قص وبالقرب من نقاط انقلاب العزوم، ويُفضل دائماً أن يقوم المهندس بوضع أجزاء صغيرة من أسياخ التسليح في الخرسانة لتعمل كوصلات قص (Shear Connector)، انظر شكل رقم (19-4).

4. في حالة الرغبة في سحب قضيب الارتكاز من الخرسانة بعد انتهاء التشديد والذي يورد على هيئة وصلات يتم تركيبها بقلالووظ، يقوم المهندس بوضعه في ماسورة من الـ PVC قطرها الداخلي أكبر من قطر القضيب بمليمترات.
5. يجب وجود معدات احتياطية أثناء التنفيذ.
6. يجب على المهندس التخطيط الجيد لكيفية فك الشدة عند نهاية التنفيذ وكيفية صب الصومعة إن وجد.
10. هذه الطريقة اقتصادية في المنشآت العالية.

#### 6-3-3-4 صب الخرسانة بالشدات النفقية وبواكي الصلب الكبيرة:

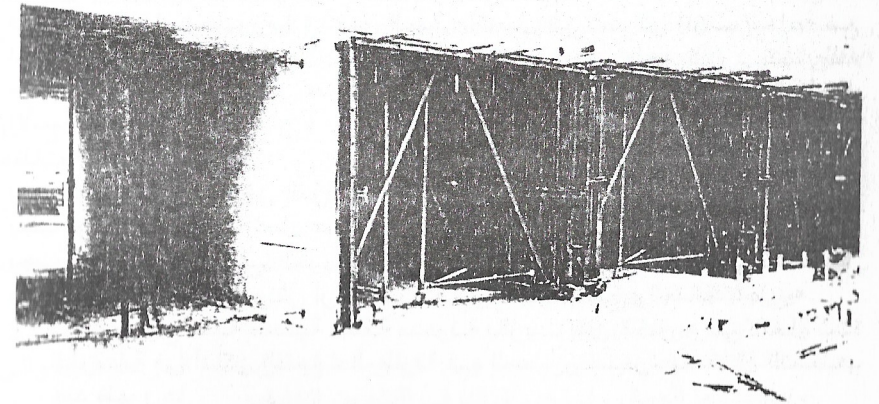
وفكرة هذه الشدات هو عمل شدات من أخشاب الأبلاكاج أو الصلب تغطي باكية كاملة لسحب حائط مسلح أو بلاطات على هيئة بواكي ولذلك تستخدم هذه الشدات في المباني المتكررة وحالياً على مستوى العالم يتم استخدام شدات نصف نفقية (تغطي شدة الحائط ونصف البلاطة وهي على هيئة حرف I مقلوب) وتستخدم كذلك الشدات النفقية (تغطي شدة البلاطة والحائطين الحاملين لها وهي على هيئة حرف C مقلوب). يتم رص الشدات للطابق الواحد سواء أكانت شدة حائط أو شدة بلاطة أو شدة نصف نفقية أو شدة نفقية.

يتم رص صلب التسليح للحوائط والبلاطات والذي يكون على هيئة شبك ملحوم لأسياخ في اتجاهين متعامدين.

يتم صب الخرسانة وعينات على هيئة مكعبات في الشدات السابقة ويتم تعجيل شك الخرسانة بإضافة مواد معجلة للخرسانة أو إمرار تيار ماء ساخن في مواسير تحيط بالشدات.

يتم فك الشدات بطرق خاصة بعد مرور 24 ساعة من صب الخرسانة (يتم اختبار العينات الموضوعة مع السقف للتأكد من تحقيق الخرسانة للمقاومة المطلوبة لفك الشدات).

يتم نقل الشدات بونش للطابق الجديد حيث يتم صب سقف كل 24 ساعة أو 48 ساعة على الأكثر وشكل (17-4) يوضح صورة لأحد هذه الأنظمة.



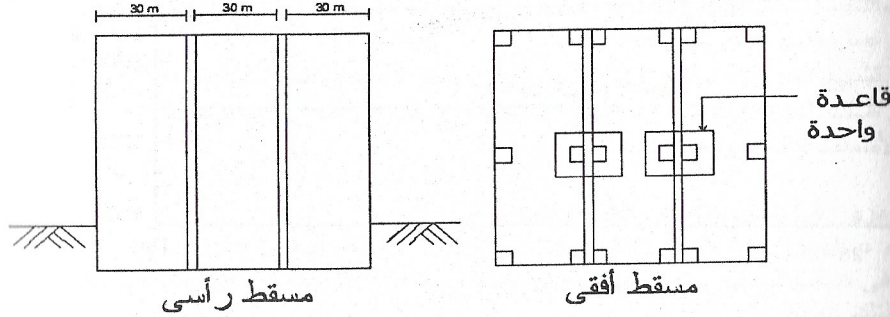
شكل (17-4) شدة نفقية

وسيتم مناقشة هذا الأسلوب بالتفصيل في الطبقات اللاحقة.



ويجب على المهندس إغلاق الفاصل من أعلى المبنى بحيث لا تتسرب مياه الأمطار إلى داخل المبنى.

يجب على المهندس الاهتمام جداً بفواصل التمدد للكباري , والحرص على اختيار أفضل المواد لملء تلك الفواصل , وعمل صيانة دائمة لها , وأى تلف فى تلك الفواصل يُعرض المنشآت لتسرب ماء المطر, مما ينشر الرطوبة فى المبنى ويعجل معدلات ضداً صلب السليح المبنى, وشكل (20-4) يوضح ما يتعلق بفواصل التمدد.



شكل (20-4) شكل تخطيطي يوضح فواصل التمدد

4-4 مرحلة الخرسانة الخضراء والمتصلدة:  
وتشمل عملية المعالجة وإزالة القرم ومعالجة عيوب الصب.

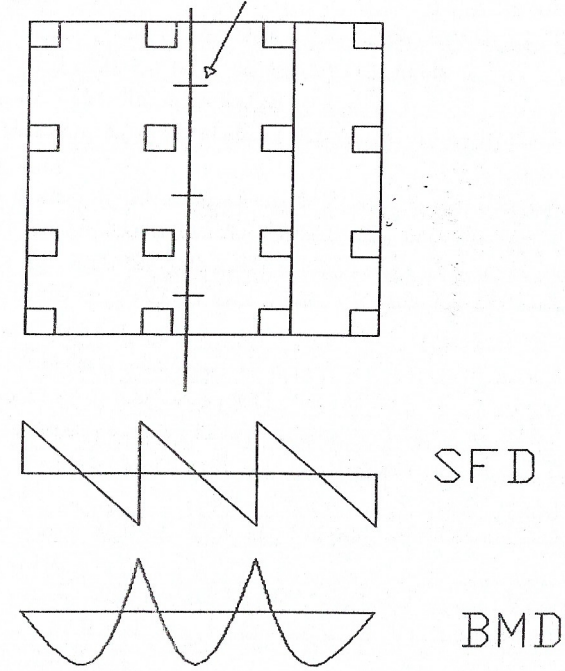
#### 4-4-1 المعالجة:

بعد صب الخرسانة, تبدأ الخرسانة فى الشك والتصلد, وتبدأ فى فقد الماء الداخلى نتيجة العوامل الجوية من ارتفاع درجة الحرارة ونقص فى الرطوبة والرياح. ولتقليل وتأخير حدوث الانكماش وبالتالي منع وإقلال شروخ الانكماش وتعويض الماء اللازم لتفاعل الأسمنت لتحسن المقاومة , يجب معالجة الخرسانة وتتم معالجة الخرسانة عن طريق:

- رش الخرسانة بالمياه.
- التغطية بالخيش أو الرمل المبلل.
- دهان الخرسانة بمادة عازلة؛ ويجب أن تحقق تلك المادة اشتراطات المواصفات القياسية لمنع تبخر المياه.
- المعالجة بالبخر؛ ويستخدم فى مصانع الخرسانة سابقة التجهيز.

يوضح شكل (21-4) تأثير المعالجة على مقاومة الخرسانة.

shear connectors



شكل (19-4) شكل تخطيطي يوضح أماكن فواصل الصب

#### 6-3-4 فواصل التمدد والانكماش:

يجب على المهندس أن يسمح للمنشأ بالتمدد والانكماش نتيجة العوامل الجوية, وإلا تتولد إجهادات يجب عليه أن يدخلها فى التصميم الإنشائى, ويتطلب الكود المصرى للمنشآت الخرسانية أن يترك فاصل تمدد فى الأجواء الحارة كل مسافة لا تزيد عن 30 - 35 متر, ولا تزيد عن 40 - 45 متر فى الأجواء المعتدلة.

وتمثل الأسوار حالة خاصة, حيث مفضل أن ألا تزيد المسافة عن 20 متر, ويجب على المهندس عمل فصل فى الأعمدة والكمرات, ولا يفضل عمل فصل فى القواعد؛ حيث تكون هناك قاعدة واحدة لعمودين, ويجب وضع مادة فى الفاصل, ويجب أن تكون هذه المادة تتميز بالمرونة العالية لتحتمل دورات التمدد والانكماش.

ويجب اعتبار تلك المواد بحيث تكون قابلة على تحقيق انضغاط مرن معين قياسى من سمكها, ثم تكون قادرة على استرجاع الانضغاط بعد زوال الحمل من عليها, وتحسب المسافة بين فواصل التمدد  $\Delta l_t$  كما يلى:

$$\Delta l_t = F \Delta l$$

$$\Delta l = \alpha l_o \cdot \Delta t$$

$\Delta l$  الاستطالة الناتجة من التمدد.

$\alpha$  معامل التمدد الحرارى.

$l_o$  طول الجزء من المبنى بين فواصل التمدد.

$\Delta t$  الفرق فى ارتفاع درجة الحرارة.

$F$  معامل تكبير يتوقف على حالة الجو ونوع المنشأ.



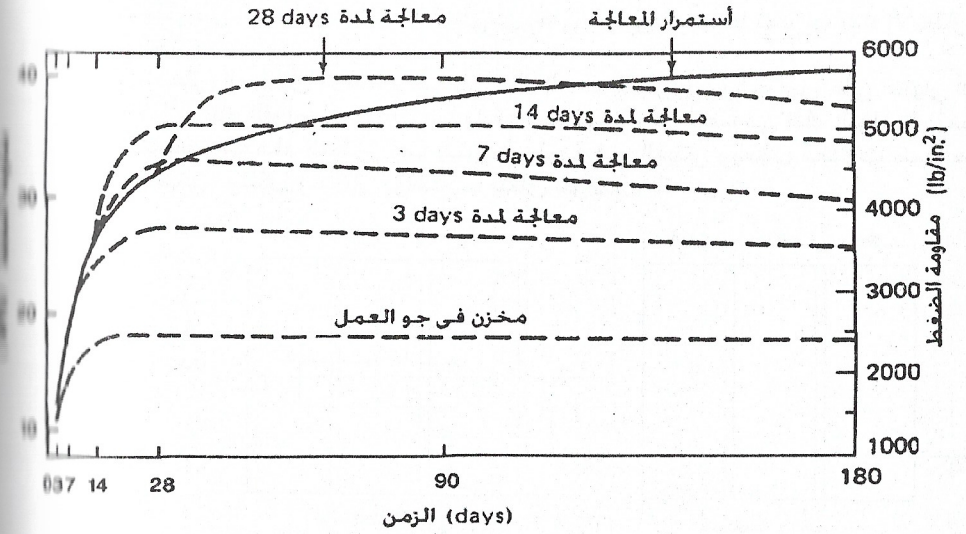
حدوث تعشيش بالقطاعات الخرسانية:  
وتعالج بواسطة النحت لإظهار مكان التعشيش وتنظيفها ورشها بالماء والمعالجة بمونة أسمنتية غنية (3 رمل خشن: 1 أسمنت + ماء كافٍ للتشغيل ويمكن استخدام إضافة لتحسين التشغيلية).

حدوث فجوات ذات حجم كبير:  
• يتم النحت لتحديد مكان الفجوة وتنظيفها.  
• يتم عمل قالب حول الفجوة.  
• يتم تشبيع الخرسانة بالماء قبل الصب بـ 24 ساعة أو دهان الخرسانة بمادة لاحمة.  
• يتم صب الفجوة بخرسانة من الزلط (مقاس اعتباري أكبر 8/3 بوصة) والرمل والأسمنت والماء ومادة ملدنة.

حدوث بروز في الخرسانة عن القطاع المعماري:  
يتم عمل جز لتلك الخرسانة إذا كانت خرسانة عادية، أما إذا كان البروز يتبع حركة في صلب التسليح، فإنه يجب تسوية السطح بإضافة طبقات إضافية مع استخدام اسارح لتلك الطبقات.

ظهور حديد التسليح في بعض الأماكن:  
يتم تنظيف حديد التسليح ورشه بخليط غني من الأسمنت والماء أو دهانه بإيبوكسي على بالزنك. يتم عمل غطاء سمكه لا يقل عن 2 سم من مونة الأسمنت الغنية.

حدوث ميل بالأعمدة:  
لا يزيد ميل الأعمدة الداخلية عن 1 : 1200 وذلك حتى إرتفاع 30 متر ولأعمدة الأركان لا يزيد الميل في كل 6 متر عن 1 : 1200 وفي 30 متر عن 1 : 2000



شكل (21-4) تأثير مدة المعالجة على العلاقة بين مقاومة الضغط و الزمن والشكل يوضح أن المعالجة تسبب تحسن مقاومة الضغط حتى لو لم تبدأ المعالجة مبكراً.

#### 2-4-4 إزالة القرم:

يتم فك الشدة عندما تصل مقاومة الخرسانة إلى قيمة تمكن العضو الخرساني من تحمل الإجهادات الناشئة عن وزنه، أو أي أحمال ناتجة عن خطوات التشييد اللاحقة. ويجب التأكد من عدم حدوث ترخيم أو تشكّل كبير. ويمكن حساب الزمن الذي يمكن فك الشدات للقطاعات المعرضة لعزوم انحناء بالتقريب من المعادلات الآتية (طبقاً للكوود المصري لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية):

نوع الأسمنت	بورتلاندي سريع التصلد	بورتلاندي عادي
كمرات أو بلاطات	$t = L_B + 1$	$t = 2L_B + 2$
كابولي	$t = 2L_C + 1$	$t = 4L_C + 2$

حيث  $L_B$  بحر الكمره أو البلاطة و  $L_C$  بحر الكابولي،  $t$  قيم الزمن باليوم اللازم لفك الشدة. يتم فك الشدة للأعضاء المعرضة للضغط مثل الأعمدة والحوائط بعد مرور 24 ساعة من الصب، ومن المهم التأكيد على أن يقوم المهندس باختبار شك الخرسانة يدوياً بعد مرور يوم من الصب عن طريق دق مسمار صلب بها للتأكد من شكها الظاهري وذلك في حالة عدم وجود عينات لاختبارها في مقاومة الضغط وكمثال لو سقف بحر كمراته 6 متر فيتم فك الشدات بعد 14 ، 7 أيام لو أستخدم أسمنت بورتلاندي عادي أو أسمنت سريع التصلد على الترتيب .

#### 3-4-4 معالجة عيوب الصب:

بعد فك الشدات يجب على المهندس التفطيش على الخرسانة، ورصد عيوب الصب وترميمها؛ والتي تنحصر فيما يلي: